

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 195 01 113 C 1

⑤① Int. Cl.⁶:
H 04 B 3/14

②① Aktenzeichen: 195 01 113.9-32
②② Anmeldetag: 17. 1. 95
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 4. 96

DE 195 01 113 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Spaun-electronic GmbH, 78224 Singen, DE

⑦④ Vertreter:

Patentanwälte Westphal, Mussnug & Partner,
78048 Villingen-Schwenningen

⑦② Erfinder:

Fischer, Stephan, 78239 Rielasingen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 35 42 655 C1
DE 32 05 875 C2
DE 32 05 875 C2
DE 17 91 202 C3

N.N.: Die PIN-Diode und ihre Anwendung. In:

Funkschau, 1973, H. 1, S. 37-40;

Pippart, W.: Übertragungstechnik I, R.v.Decker's
Verlag, 1954, S. 319;

Bocker, P.: Datenübertragung, Springer Verlag,
1978, S. 204-231;

⑤④ Leitungsentzerrer

⑤⑦ Der Leitungsentzerrer für die Entzerrung von auf Leitungen übertragenen Signalen im Mikrowellenbereich mit einer in Serie zur Signalstrecke geschalteten kapazitiven Einrichtung versehen. Die kapazitive Einrichtung ist sowohl eingangs- als auch ausgangsseitig über die Reihenschaltung aus einem ohmschen Widerstand, vorzugsweise einer Pin-Diode und einem LC-Schwingkreis an Bezugspotential geschaltet. Beide LC-Schwingkreise sind mindestens annähernd auf eine obere Grenzfrequenz der über die Leitungen zu übertragenen Signale abgestimmt. Die kapazitive Einrichtung besteht vorzugsweise aus einer kapazitiven Diode.

Vorteile:

Regelbar, tauglich für Frequenzen über 900 MHz, linear im Durchlaßverhalten bei Spannungsausfall sofern Kapazitätsdioden und Pin-Dioden eingesetzt werden.

DE 195 01 113 C 1

Die Erfindung betrifft einen Leitungsentzerrer für die Entzerrung von auf Leitungen übertragenen Signalen im Mikrowellenbereich.

Bei der Übertragung von Signalen über Leitungen erfährt das übertragene Signal stets eine Dämpfung, die es idealerweise gilt, durch geeignete elektronische Maßnahmen auf der Empfängerseite zu kompensieren. Die Kabeldämpfung nimmt sowohl mit zunehmender Kabellänge als auch mit zunehmender Frequenz des über die Leitung übertragenen Signales zu. Es sind bereits eine Vielzahl von Leitungsentzerrern bekannt, die einmal fest eingestellt oder regelbar für eine ausreichend gute Entzerrung des übertragenen Signales in einem bestimmten Frequenzbereich sorgen. Allen bekannten Entzerrern ist dabei gemeinsam, daß die Entzerrung des Empfangssignales eine möglichst konstante Dämpfung und eine konstante Gruppenlaufzeit des Übertragungsweges in dem für die Übertragung benutzten Frequenzbereich liefern.

Im Abschnitt 5.3 des Buches "Datenübertragung" von P. Bocker, Springer-Verlag, Berlin, 1978, ist auf den Seiten 204 bis 231 beschrieben, wie solche Leitungsentzerrer aufgebaut sein können. Bei den sogenannten "Kompromißentzerrern" wird die mittlere Dämpfung einer Anzahl von Übertragungswegen mit einem fest eingestellten Entzerrer ausgeglichen. Darüber hinaus sind auch regelbare bzw. einstellbare Entzerrer beschrieben, die abhängig von der augenblicklichen Kabeldämpfung für eine gewünschte Entzerrung des Übertragungssignales sorgen. Beispiele solcher einstellbaren Entzerrer sind Transversal- bzw. Orthogonalfilter.

Die bekannten Leitungsentzerrer eignen sich jedoch nicht zur Entzerrung von auf Leitungen übertragenen Signalen im Mikrowellenbereich, z. B. 900 MHz bis 2050 MHz.

Frequenzselektive Filter und damit auch Leitungsentzerrer für den Mikrowellenbereich sind beispielsweise durch akustische Oberflächenwellenfilter realisierbar, bei denen die Filterung auf Laufzeiteffekte zurückzuführen ist. Durch geeigneten Aufbau von leitenden, ineinander verschachtelten Fingerstrukturen auf dielektrischen Substraten lassen sich im Bereich von einigen MHz bis in den GHz-Bereich hinein Filter realisieren. Solche Oberflächenwellenfilter zeichnen sich nachteiligerweise auch bei Anpassung durch einen Verlust von mindestens 6 dB aus. Darüber hinaus sind die Übertragungsfunktionen solcher Oberflächenwellenfilter durch die geometrische Struktur des Oberflächenwellenfilters festgelegt und damit nicht regelbar.

Aus DE 17 91 202 C3 ist eine einstellbare elektrische Entzerrerschaltung für den Mikrowellenbereich bekannt. Eine solche zwischen zwei Transistoren in Basischaltung befindliche Entzerrerschaltung besteht aus einem eingangsseitigen Parallelschwingkreis und einem damit verbundenen Serienschwingkreis.

In DE 35 42 655 C1 ist ein Amplitudengangentzerrer beschrieben. Der Leitungsentzerrer ist ein T-Glied, dem im Längszweig eine in Serie zur Signalstrecke geschaltete kapazitive Einrichtung eingeschleift ist. Diese kapazitive Einrichtung ist von einem bedämpften Serienschwingkreis überbrückt. Im Querszweig befindet sich ein bedämpfter Parallelschwingkreis.

Eine weitere Entzerrerschaltung ist in DE 32 05 875 C2 beschrieben. Die einstellbare Entzerrerschaltung weist mindestens zwei Transistoren auf, die über ein Kopplungsnetzwerk miteinander verbun-

den sind. Das Kopplungsnetzwerk besteht aus einem zweikreisigen Bandfilter, dessen als Parallelresonanzkreis ausgebildeter Primärkreis am Ausgang des vorgeschalteten Transistors liegt und dessen als Serienresonanzkreis ausgebildeter und mit dem nachgeschalteten Transistor verbundener Sekundärkreis an den Primärkreis induktiv angekoppelt ist und in dessen Sekundärkreis ein ohmscher Widerstand in Reihe liegt. Zum Ausgleich von Dämpfungsverzerrungen wird der Kondensator des Serienresonanzkreises im wesentlichen durch eine Kapazitätsdiode gebildet, der eine vom Ausgang des Empfängers abgeleitete Regelspannung zugeführt wird. Des weiteren ist den Bandpässen jeweils ein Gleichrichter nachgeschaltet, dessen Ausgang an je einen Eingang eines Subtrahiergliedes angeschlossen ist. Dieses Subtrahierglied ist über einen Verstärker mit den Kapazitätsdioden der Bandfilter des Dämpfungsentzerrers verbunden. Schließlich ist die Bandbreite und die Mittenfrequenz der Bandpässe so gewählt, daß jeder Bandpaß etwa die entgegengesetzte Hälfte des Spektrums durchläßt.

Ein Längsentzerrer zur Entzerrung von pupinisierten Leitungen ist aus dem Buch von W. Pippart "Übertragungstechnik I", erschienen im R. v. Decker's Verlag 1954, Seite 319, bekannt.

Bei diesem Entzerrer wird mit Hilfe eines im Signalweg befindlichen, veränderbaren Längskondensators die Dämpfung bei der unteren Frequenzgrenze eingestellt. Zur Dämpfungseinstellung bei der oberen Frequenzgrenze dient eine einstellbare Längsinduktivität, die in Verbindung mit Streuinduktivität und Wickelkapazität des Vorübertragers einen Serienschwingkreis bildet.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Leitungsentzerrer für die Entzerrung von auf Leitungen zu übertragenen Signalen im Mikrowellenbereich, insbesondere von etwa 950 MHz bis etwa 2050 MHz, anzugeben, der einfach zu realisieren ist, sich durch eine verhältnismäßig geringe Grunddämpfung auszeichnet und ein gutes Anpassungsverhalten zeigt. Darüber hinaus soll der Leitungsentzerrer bei Bedarf unterschiedlichen Kabeldämpfungsverhältnissen anpaßbar sein. Es soll auch ein Verfahren angegeben werden, wie mit einem solchen Leitungsentzerrer Kabeldämpfungsverläufe unterschiedlicher Leitungen und damit unterschiedliche Kabeldämpfungsverläufe entzerrt werden können.

Die Aufgabe für den Leitungsentzerrer wird durch einen Leitungsentzerrer mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Der Leitungsentzerrer nach der Erfindung weist eine in Serie zur Signalstrecke geschaltete kapazitive Einrichtung, vorzugsweise mindestens eine Kapazitätsdiode, und jeweils eine eingangsseitig als auch ausgangsseitig an die kapazitive Einrichtung geschaltete Reihenschaltung aus einem ohmschen Widerstand und LC-Schwingkreis auf. Die beiden LC-Schwingkreise sind mit ihren den jeweiligen ohmschen Widerständen gegenüberliegenden Anschlüssen an Bezugspotential geschaltet und mindestens annähernd auf eine obere Grenzfrequenz der über die Leitungen zu übertragenden Signale abgestimmt. Die ohmschen Widerstände sind vorzugsweise Pin-Dioden.

Ein derartiger Leitungsentzerrer zeichnet sich durch gute Anpaßeigenschaften, eine verhältnismäßig geringe Grunddämpfung und einen einfachen Aufbau auf.

Vorzugsweise ist die kapazitive Einrichtung gerade so dimensioniert, daß Signale mit Signalfrequenzen im

Bereich einer unteren Grenzfrequenz, also etwa 900 bis 950 MHz, eine Dämpfung im Leitungsentzerrer erfahren, die in etwa der Kabeldämpfung der auf der eingesetzten Übertragungsleitung übertragenen Signale mit Signalfrequenzen im Bereich der oberen Grenzfrequenz, also etwa 2050 MHz, entspricht. Hierdurch wird gewährleistet, daß sich im Arbeitsbereich und damit im vorliegenden Fall zwischen 950 und 2050 MHz ein linearer Dämpfungsverlauf einstellt.

Eine besonders bevorzugte Ausbildung der Erfindung sieht vor, daß die kapazitive Einrichtung durch zwei in Serie geschaltete Kapazitätsdioden realisiert ist. Obwohl grundsätzlich auch bereits eine einzige Kapazitätsdiode ausreichen würde, haben sich zwei gegenseitig in Reihe geschaltete Kapazitätsdioden als vorteilhaft erwiesen, da auf diese Weise ein niedriger Kapazitätswert der kapazitiven Einrichtung realisierbar ist. Die beiden Kapazitätsdioden werden mit ihren jeweiligen Katodenanschlüssen an ein gemeinsames Versorgungsspannungspotential, z. B. 12 Volt, angeschlossen. Die jeweiligen Anodenanschlüsse der beiden Kapazitätsdioden werden erfindungsgemäß an ein Potential geschaltet, das in Abhängigkeit des Verlaufes der gewünschten Dämpfung des Leitungsentzerrers geringer als das Versorgungsspannungspotential ist. Dieses Potential wird vorzugsweise regelbar gestaltet. Der Anodenanschluß einer der Kapazitätsdioden wird hierbei an den Eingang des Leitungsentzerrers und der Anodenanschluß der anderen Kapazitätsdiode an den Ausgang des Leitungsentzerrers gelegt, wobei zur Signalentstörung jeweils Blockkondensatoren in die Signalstrecke geschaltet werden können.

Die erwähnten ohmschen Widerstände sind vorzugsweise Pin-Dioden, die mit ihrem jeweiligen Katodenanschluß ein- bzw. ausgangsseitig an die kapazitive Einrichtung geschaltet sind. Im Falle der Verwendung von zwei in Serie geschalteten Kapazitätsdioden sind die Katodenanschlüsse der Pin-Dioden jeweils an einen der Anodenanschlüsse der erwähnten Kapazitätsdioden zu schalten.

Der wesentliche Vorteil des Einsatzes von Pin-Dioden und Kapazitätsdioden liegt darin, daß, gesteuert durch das an den Anodenanschlüssen der Kapazitätsdioden liegende Potential der Kapazitätswert der Kapazitätsdioden erhöht bzw. erniedrigt und zugleich der Widerstandswert der Pin-Dioden erhöht bzw. erniedrigt werden kann. Sollen beispielsweise die tieferen Frequenzen stark gedämpft werden, wird das Potential möglichst niedrig eingestellt bzw. sogar auf null gestellt. Hierdurch erreichen die in Serie geschalteten Kapazitätsdioden ihren kleinsten Kapazitätswert. Die tiefen Frequenzen werden somit bereits eingangsseitig gedämpft bzw. gesperrt. Da das erwähnte Potential sehr klein bzw. null gewählt wird, ist auch der Widerstandswert der Pin-Diode minimal, wodurch das an den Kapazitätsdioden abgeblockte tieffrequente Signal über die Pin-Dioden fließen kann, um im LC-Schwingkreis, der für tiefe Frequenzen praktisch einen Kurzschluß darstellt, gegen Bezugspotential abgeleitet zu werden. Wird das Potential an den Anodenanschlüssen der Kapazitätsdioden und damit den Katodenanschlüssen der Pin-Dioden erhöht, werden die tieferen Frequenzen weniger stark gedämpft. Durch das Zusammenspiel der Kapazitätsdioden und der Pin-Dioden mit jeweils in Serie geschaltetem LC-Schwingkreis wird der durch die Kapazitätsdioden blockierte bzw. gedämpfte Anteil der tiefen Frequenzen an Bezugspotential abgeleitet. Eine optimale Anpassung, sowohl eingangs- als auch aus-

gangsseitig ist die Folge.

Die Spulen der beiden LC-Schwingkreise sind auf eine obere Grenzfrequenz des vorgesehenen Arbeitsbereiches der zu übertragenden Signale abgestimmt. Liegt diese obere Grenze beispielsweise bei 2050 MHz, so ist es zweckmäßig, die Induktivitätswerte der Spulen der beiden LC-Schwingkreise im Bereich von 10^{-9} H zu wählen. Die Kondensatoren der beiden LC-Schwingkreise sind so dimensioniert, daß die LC-Schwingkreise auf die obere Grenzfrequenz, also beispielsweise 2,05 GHz, abgestimmt sind. Die Kondensatoren werden vorzugsweise durch parasitäre Schaltungskapazitäten, insbesondere die parasitären Schaltungskapazitäten der Zuleitungen zu den Schwingkreisspulen, gebildet.

Bei dem Leitungsentzerrer nach der Erfindung ist es vorteilhaft, in der Mikrowellenschaltungstechnik bekannte Blockkondensatoren und Drosseln einzubauen. Ein konkretes Ausführungsbeispiel hierfür wird in der nachfolgenden Figurenbeschreibung erläutert werden.

Wird der Leitungsentzerrer nach der Erfindung mit einer kapazitiven Einrichtung, die eine veränderbare Kapazität aufweist, und mit in ihrem Widerstandswert veränderbaren ohmschen Widerständen ausgestattet, so ist es in einfacher Weise möglich, einen regelbaren Leitungsentzerrer für Signale im Mikrowellenfrequenzbereich zu realisieren. Hierbei ist lediglich sicherzustellen, daß bei einer Erniedrigung des Kapazitätswertes der Kapazitätsdioden gleichzeitig auch die Widerstandswerte der Pin-Dioden vermindert werden, bzw. bei einer Erhöhung des Kapazitätswertes der Kapazitätsdioden die Widerstandswerte der Pin-Dioden ebenfalls erhöht werden.

Zur Regelung des Leitungsentzerrers nach der Erfindung ist der Leitungsentzerrer zunächst durch maximale Wahl des Kapazitätswertes der Kapazitätsdioden auf minimale Dämpfung im Bereich der unteren Grenzfrequenz einzustellen. Anschließend sind am Ausgang des Leitungsentzerrers die Amplituden, ggf. verstärkt, des Ausgangssignales bei der oberen und unteren Grenzfrequenz zu ermitteln, um dann anschließend durch entsprechende Erniedrigung des Kapazitätswertes der Kapazitätsdioden die Signale mit im Bereich der unteren Grenzfrequenz liegender Signalfrequenz auf denjenigen Amplitudenwert der Signale im Bereich der oberen Grenzfrequenz abzdämpfen.

Zur teilweisen Auskopplung der Ausgangssignale des Leitungsentzerrers wird zweckmäßigerweise eine Richtkopplereinrichtung vorgesehen, der ausgangsseitig eine Auswerteeinrichtung zum Nachregeln des Kapazitätswertes der kapazitiven Einrichtung nachgeschaltet ist.

Der Leitungsentzerrer nach der Erfindung wird nachfolgend im Zusammenhang mit Ausführungsbeispielen anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den prinzipiellen Verlauf der Kabeldämpfung einer Übertragungsleitung, den Verlauf der Dämpfung eines Leitungsentzerrers nach der Erfindung und einen resultierenden Dämpfungsverlauf in einem Frequenzbereich von 950 bis 2050 MHz,

Fig. 2 das Prinzipschaltbild eines Leitungsentzerrers nach der Erfindung,

Fig. 3 eine Schaltungsanordnung eines konkreten Ausführungsbeispiels eines Leitungsentzerrers nach der Erfindung,

Fig. 4 eine Schaltungsanordnung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Leitungsentzerrers nach der Erfindung,

Fig. 5 ein Blockschaltbild zur Regelung der Dämpf-

fungscharakteristik des Leitungsentzerrers nach den Fig. 2 bis 4, und

Fig. 6 den Verlauf der Kabeldämpfung einer Übertragungsleitung mit unterschiedlichen Signal-Amplituden bei den unteren und oberen Grenzfrequenzen.

In den nachfolgenden Figuren bezeichnen, sofern nicht anders angegeben, gleiche Bezugszeichen gleiche Teile mit gleicher Bedeutung.

Anhand von Fig. 1 wird die prinzipielle Wirkungsweise eines Leitungsentzerrers nach der vorliegenden Erfindung deutlich. Fig. 1 zeigt unterschiedliche Dämpfungsverläufe, bezogen auf Signale mit unterschiedlichen Frequenzen. Auf der vertikalen Achse ist jeweils die Dämpfung a in dB angegeben, während die waagrechte Achse die Frequenzen f des übertragenen Signales in MHz angibt. Es ist angenommen, daß der Arbeitsfrequenzbereich zwischen etwa 950 MHz und 2050 MHz liegt. Dieser Arbeitsfrequenzbereich ist insbesondere für Satellitenempfangssignale verwendbar. In der Darstellung von Fig. 1 ist angenommen, daß die Signale im Arbeitsfrequenzbereich, der mit dem Bezugszeichen 4 gekennzeichnet ist, auf der übertragenen Leitung eine Kabeldämpfung 1 aufweisen, die mit zunehmender Frequenz größer wird. Ein solches Verhalten zeigen prinzipiell alle Drahtleitungen.

Um im Arbeitsfrequenzbereich 4 die für eine optimale Signalverarbeitung geforderte konstante Dämpfung zu erzielen, ist ein Leitungsentzerrer am Ausgang der Leitung anzuschließen, der den mit dem Bezugszeichen 2 gekennzeichneten Verlauf einer Leitungsentzerrerdämpfung aufweist. Dieser Verlauf der Leitungsentzerrerdämpfung 2 läuft dem Verlauf 1 der Kabeldämpfung gerade entgegen, d. h., daß mit zunehmender Frequenz f die Leitungsentzerrerdämpfung 2 geringer wird. Die Leitungsentzerrerdämpfung 2 ist dabei gerade so auf die Kabeldämpfung 1 abgestimmt, daß deren resultierende Dämpfung 3 innerhalb des Arbeitsfrequenzbereiches 4 konstant ist. Diese resultierende Dämpfung ist mit einer durchgezogenen Linie in Fig. 1 gezeichnet. Um einen konstanten Verlauf der resultierenden Dämpfung 3 zu gewährleisten, ist sicherzustellen, daß Signale mit einer Signalfrequenz im Bereich der unteren Grenzfrequenz f_u , also 950 MHz, eine Dämpfung im Leitungsentzerrer erfahren, die mindestens annähernd etwa der Kabeldämpfung 1 der auf den Leitungen übertragenen Signale mit Signalfrequenzen im Bereich der oberen Grenzfrequenz f_o entspricht.

Einen Leitungsentzerrer zum Einsatz für Mikrowellen zeigt im Blockschaltbild Fig. 2. Das zu entzerrende Signal ist der Eingangsklemme 5 des Leitungsentzerrers zuzuführen, an dessen Ausgangsklemme 6 das entzerrte Ausgangssignal abgreifbar ist. In der Signalstrecke zwischen der Eingangsklemme 5 und der Ausgangsklemme 6 ist eine kapazitive Einrichtung 8 geschaltet, deren Kapazitätswert vorzugsweise regelbar ist. Die kapazitive Einrichtung 8 ist eingangsseitig mit einer Reihenschaltung aus einem ohmschen Widerstand 9 mit nachfolgendem LC-Schwingkreis 11 gegen Bezugspotential 7 geschaltet. Der LC-Schwingkreis 11 weist eine Spule 12 mit parallel geschaltetem Kondensator 13 auf. Der ohmsche Widerstand 9 ist vorzugsweise regelbar. Ausgangsseitig ist die kapazitive Einrichtung 8 ebenfalls mit der Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes 10 mit in Serie geschaltetem LC-Schwingkreis 14 gegen Bezugspotential 7 geschaltet. Der LC-Schwingkreis 14 weist wieder eine Spule 15 mit parallel geschaltetem Kondensator 16 auf. Die beiden ohmschen Widerstände sind vorzugsweise regelbar und zwar derart, daß bei

einer Verminderung des Kapazitätswertes der kapazitiven Einrichtung 8 auch der Widerstandswert der beiden ohmschen Widerstände 9, 10 erniedrigt wird. Die kapazitive Einrichtung 8 kann beispielsweise eine Kapazitätsdiode sein, während die ohmschen Widerstände 9, 10 Pin-Dioden sind.

Die beiden LC-Schwingkreise 11 und 14 sind mindestens annähernd auf die obere Grenzfrequenz f_o , beispielsweise 2,05 GHz, der über die vorgesehene Leitung zu übertragenen Signale abgestimmt.

In Fig. 3 ist ein konkretes Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung für einen Leitungsentzerrer zum Entzerren von auf Leitungen übertragenen Signalen im Mikrowellenbereich, insbesondere 950 MHz bis 2050 MHz, dargestellt. Zwischen der Eingangsklemme 5 und der Ausgangsklemme 6 ist eine kapazitive Einrichtung in Form von zwei gegensinnig in Serie geschalteten Kapazitätsdioden 28, 29 vorgesehen. Die Katodenanschlüsse der beiden Kapazitätsdioden 28, 29 sind miteinander verbunden. Der Anodenanschluß der Kapazitätsdiode 28 ist über einen Blockkondensator 19 mit der Eingangsklemme 5 in Verbindung, während zwischen der Ausgangsklemme 6 und dem Anodenanschluß der anderen Kapazitätsdiode 29 ein weiterer Blockkondensator 20 angeschlossen ist. Die jeweiligen Anodenanschlüsse der Kapazitätsdioden 28, 29 sind, wie im Zusammenhang mit Fig. 2 erläutert, über einen ohmschen Widerstand und einen anschließenden LC-Schwingkreis 11, 14 an Bezugspotential 7 angeschlossen. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 3 ist der ohmsche Widerstand jeweils eine Pin-Diode 25, 26. Der Katodenanschluß der Pin-Diode 25 ist mit dem Anodenanschluß der Kapazitätsdiode 28 und der Katodenanschluß der Pin-Diode 26 mit dem Anodenanschluß der Kapazitätsdiode 29 verbunden. An die jeweiligen Anodenanschlüsse dieser Pin-Dioden 25, 26 schließt sich in Serie der bereits erwähnte LC-Schwingkreis 11 bzw. 14 mit jeweils einer Kapazität 13 bzw. 16 und parallel geschalteter Spule 12 bzw. 15 an. Zur jeweiligen Spule 12 bzw. 15 ist noch ein Blockkondensator 17, 18 in Reihe geschaltet, der jedoch nicht notwendigerweise vorgesehen werden muß.

Die beiden Anodenanschlüsse der Pin-Dioden 25, 26 sind über zwei in Serie geschaltete Widerstände 34, 35 miteinander in Verbindung. Der Verbindungspunkt dieser beiden Widerstände 34, 35 ist einmal über einen weiteren Blockkondensator 29 an Bezugspotential 7 und zum anderen über eine Drossel 30 mit dem Verbindungspunkt der beiden Kapazitätsdioden 28, 29 verbunden.

Der Verbindungspunkt der beiden Kapazitätsdioden 28, 29 ist, vorzugsweise über eine weitere Drossel 32, an ein Versorgungsspannungspotential U_1 angeschlossen. Die beiden Anodenanschlüsse dieser Kapazitätsdioden 28, 29 sind, ebenfalls vorzugsweise über eine Drossel 31, 33, an ein Potential U_2 geschaltet, das vorteilhafterweise regelbar zur Einstellung der Dämpfungscharakteristik des Leitungsentzerrers ist.

Im Ausführungsbeispiel von Fig. 3 wird das Versorgungsspannungspotential U_1 vom Ausgang eines Spannungs-IC bereitgestellt und kann beispielsweise 12 Volt betragen. Das Potential U_2 gelangt dagegen über ein Potentiometer 37, das als Spannungsteiler wirkt, an die jeweiligen Anodenanschlüsse der beiden Kapazitätsdioden 28, 29. Aufgrund der zu verarbeitenden hochfrequenten Signale ist es zweckmäßig, die einzelnen Leitungen über weitere Blockkondensatoren abzublocken. Diese Blockkondensatoren sind in Fig. 3 mit dem Bezugszeichen 21, 22, 23 und 24 gekennzeichnet.

Zum Verständnis der Funktionsweise der in Fig. 3 dargestellten Schaltungsanordnung ist es notwendig, das Verhalten einer Pin-Diode und einer Kapazitätsdiode zu kennen. Pin-Dioden sind als gleichstromgesteuerte ohmsche Widerstände einsetzbar. Eine Pin-Diode hat das gleiche Dotierungsschema wie ein Leistungsgleichrichter und wird deshalb vorzugsweise als Dämpfungsglied und als Schalter bei hohen Frequenzen verwendet. Dabei wird ausgenutzt, daß sich durch Leitfähigkeitsmodulation der HF-Leitwert in weiten Bereichen ändern läßt. Je höher das an der Katode einer Pin-Diode anliegende Potential im Vergleich zum Potential an dessen Anode ist, desto höher ist der ohmsche Widerstand einer solchen Pin-Diode. Bei der Kapazitätsdiode erhöht sich mit zunehmendem Potential am Katodenanschluß im Vergleich zum Anodenanschluß der Kapazitätswert der Kapazitätsdiode, wobei naturgemäß der Kapazitätswert einer Kapazitätsdiode etwa im Bereich Pikofarad, z. B. 0,9 pF bis 9 pF, variierbar ist.

Dies vorausgeschickt, wird deutlich, daß bei angelegtem Versorgungsspannungspotential U1 von beispielsweise 12 Volt und minimalem Potential U2, beispielsweise 0 Volt, die am Eingangsanschluß 5 anliegenden tief frequenten Signale einmal durch die Kapazitätsdioden 28, 29 geblockt bzw. stark gedämpft und über die jeweiligen Pin-Dioden 25, 26 und dem nachfolgenden LC-Schwingkreis 11 bzw. 14 gegen Bezugspotential 7 abgeleitet werden. Wird das Potential U2 dagegen maximal gewählt, beispielsweise wie das Versorgungsspannungspotential U1, so steigt die Kapazität der Kapazitätsdioden 28, 29 und der Widerstandswert der Pin-Dioden 25, 26. Dies bedeutet, daß Signale mit Frequenzen im unteren Grenzfrequenzbereich weniger stark gedämpft werden.

Mit dem Potential U2 kann somit der Anstieg des Dämpfungsverlaufes des Leitungsentzerrers an die gegebene Kabeldämpfung der verwendeten Leitung angepaßt werden. Ein Regelkreis hierfür wird im Zusammenhang mit den Fig. 5 und 6 noch erläutert.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung für einen Leitungsentzerrer nach der Erfindung. Die Schaltungsanordnung ist weitgehend mit der in Fig. 3 dargestellten Schaltungsanordnung identisch. Im Gegensatz zur Darstellung Fig. 3 sind die Kondensatoren 13 und 16 der beiden LC-Schwingkreise 11, 14 nicht konkrete elektronische Bauteile, sondern parasitäre Kapazitäten eines auf einer Schaltungsplatine konkret aufgebauten Leitungsentzerrers. Diese Kondensatoren 13, 16 sind deshalb in Fig. 4 lediglich strichliert dargestellt.

Darüber hinaus wird im Gegensatz zur Schaltungsanordnung in Fig. 3 eine Zenerdiode 39 zur Spannungsstabilisierung des Potentials U2 eingesetzt. Beträgt das Versorgungsspannungspotential U1 beispielsweise 12 Volt, kann eine Zenerdiode 39 mit einer Zenerspannung von 6,8 Volt vorgesehen werden. Der Katodenanschluß der Zenerdiode 39 ist mit dem Mittelabgriff des Potentiometers 38 zu verbinden, während der Anodenanschluß der Zenerdiode 39 an Bezugspotential 7 liegt. Das Potentiometer 38 kann beispielsweise einen Widerstandswert von 5 kOhm aufweisen.

Die Realisierung eines Leitungsentzerrers mit Kapazitätsdioden 28, 29 bietet den entscheidenden Vorteil, daß bei einem Spannungsausfall die Schaltung für Signale im Arbeitsfrequenzbereich, also etwa 950 Mhz bis 2 050 MHz, aufgrund der dann hohen Kapazität der Kapazitätsdioden 28, 29 und der hohen ohmschen Komponenten der Pin-Dioden 25, 26 ein lineares Durchlaß-

verhalten aufweist.

In Fig. 5 ist ein Blockschaltbild zum Einstellen eines Leitungsentzerrers nach den Fig. 2 bis 4 dargestellt. Der Leitungsentzerrer ist mit dem Bezugszeichen 50 bezeichnet. Am Ausgang des Leitungsentzerrers 50 ist vorzugsweise ein Verstärker 51 angeordnet, an dessen Ausgang das entzerrte Signal abgreifbar ist. Zwischen dem Ausgang der Regelanordnung und dem Verstärker 51 ist eine Richtkopplereinrichtung 52 angeordnet, die einen Teil des Ausgangssignales zu Regelzwecken abzweigt. Die Richtkopplereinrichtung 52 ist hierfür ausgangsseitig mit zwei Amplitudendetektierern 53, 54 versehen, die ausgangsseitig jeweils über eine Gleichrichteranordnung 58, 59 mit weiteren Verstärkern 55, 56 in Verbindung stehen. Die beiden Verstärker 55, 56 sind mit dem Eingang eines Differenzverstärkers 57 verbunden, dessen Ausgangssignal die Dämpfung des Leitungsentzerrers 50 einstellt.

In Fig. 6 ist schematisch der Verlauf der Kabeldämpfung 1 dargestellt, der beispielsweise mit der Schaltungsanordnung nach Fig. 5 entzerrt werden soll. Mit den beiden Amplitudendetektierern 53, 54 werden zunächst die Signalamplituden U_U und U_O an der unteren Grenzfrequenz f_U und an der oberen Grenzfrequenz f_O des Arbeitsbereiches bestimmt. Die Signalamplitude U_O dient hierbei als Referenz, auf die durch den Leitungsentzerrer 50 die Signalamplitude U_U zurückzuregeln ist. Diese Regelung erfolgt in Abhängigkeit des Ausgangssignales des Differenzverstärkers 57.

Zweckmäßigerweise wird der Leitungsentzerrer 50 zunächst auf minimale Dämpfung im Bereich der unteren Grenzfrequenz f_U eingestellt.

Bezugszeichenliste

- 1 Kabeldämpfung
- 2 Leitungsentzerrerdämpfung
- 3 resultierende Dämpfung
- 4 Arbeitsbereich
- 5 Eingangsklemme
- 6 Ausgangsklemme
- 7 Bezugspotential
- 8 Kapazitive Einrichtung
- 9 ohmscher Widerstand
- 10 ohmscher Widerstand
- 11 LC-Schwingkreis
- 12 Spule
- 13 Kapazität
- 14 LC-Schwingkreis
- 15 Spule
- 16 Kapazität
- 17 Blockkondensator
- 18 Blockkondensator
- 19 Blockkondensator
- 20 Blockkondensator
- 21 Blockkondensator
- 22 Blockkondensator
- 23 Blockkondensator
- 24 Blockkondensator
- 25 Pin-Diode
- 26 Pin-Diode
- 27 Kapazitätsdiode
- 28 Kapazitätsdiode
- 29 Blockkondensator
- 30 Drossel
- 31 Drossel
- 32 Drossel
- 33 Drossel

34 Widerstand
 35 Widerstand
 37 Potentiometer
 38 Spannungs-IC
 39 Zenerdiode
 50 Leitungsentzerrer
 51 Verstärker
 52 Richtkopplereinrichtung
 53 Amplitudendetektierer
 54 Amplitudendetektierer
 55 Verstärker
 56 Verstärker
 57 Differenzverstärker
 58 Gleichrichter
 59 Gleichrichter
 a Dämpfung
 f Frequenz
 f_U untere Grenzfrequenz
 f_O obere Grenzfrequenz
 U1 Versorgungspotential
 U2 Potential
 U_O Spannungswert
 U_U Spannungswert

Patentansprüche

1. Leitungsentzerrer für die Entzerrung von auf Leitungen übertragenen Signalen im Mikrowellenbereich mit einer in Serie zur Signalstrecke geschalteten kapazitiven Einrichtung (8; 28, 29) und mit jeweils einer eingangsseitig als auch ausgangssseitig an die kapazitive Einrichtung (8; 28, 29) geschalteten Reihenschaltung aus einem ohmschen Widerstand (9, 10; 25, 26) und LC-Parallelschwingkreis (11, 14), welcher mit seinem dem ohmschen Widerstand (9, 10; 25, 26) gegenüberliegenden Anschluß an Bezugspotential (7) geschaltet und mindestens annähernd auf eine obere Grenzfrequenz (f_O) der über die Leitungen zu überragenden Signale abgestimmt ist.
2. Leitungsentzerrer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die kapazitive Einrichtung (8; 28, 29) so dimensioniert ist, daß Signale mit einer Signalfrequenz im Bereich einer unteren Grenzfrequenz (f_U) eine Dämpfung erfahren, die in etwa der Kabeldämpfung (1) der auf der Leitung übertragenen Signale mit einer Signalfrequenz im Bereich der oberen Grenzfrequenz (f_O) entspricht.
3. Leitungsentzerrer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die ohmschen Widerstände (9, 10; 25, 26) jeweils Pin-Dioden (25, 26) sind, die mit ihrem jeweiligen Katodenanschluß ein- bzw. ausgangssseitig an die kapazitive Einrichtung (8; 28, 29) geschaltet sind.
4. Leitungsentzerrer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die kapazitive Einrichtung (8; 28, 29) mindestens eine Kapazitätsdiode (28, 29) aufweist.
5. Leitungsentzerrer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die kapazitive Einrichtung (8; 28, 29) zwei in Serie geschaltete und mit ihren jeweiligen Katodenanschlüssen an ein gemeinsames Versorgungsspannungspotential (U1) angeschlossene Kapazitätsdioden (28, 29) aufweist, deren jeweilige Anodenanschlüsse, von denen ein Anodenanschluß an einen Eingang des Leitungsentzerrers und der andere Anodenanschluß an den Ausgang des Leitungsentzerrers geschaltet ist, an ein Potential (U2),

- das eine geringere Amplitude als das Versorgungsspannungspotential (U1) aufweist, geschaltet sind.
6. Leitungsentzerrer nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Potential (U2) in seiner Amplitude regelbar ist.
 7. Leitungsentzerrer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen (12, 15) der beiden LC-Schwingkreise (11, 14) Induktivitätswerte im Bereich von $10^{-9}H$ aufweisen.
 8. Leitungsentzerrer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kondensatoren (13, 16) der beiden LC-Schwingkreise (11, 14) parasitäre Schaltungskapazitäten des Leitungsentzerrers sind.
 9. Leitungsentzerrer nach einem der vorhergehenden Ansprüche in Verbindung mit den Ansprüchen 3 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbindungspunkt zwischen den Katodenanschlüssen der beiden Kapazitätsdioden (28, 29) über eine Drossel (30) und einem Blockkondensator (29) an Bezugspotential (7) geschaltet ist, und daß der Verbindungspunkt der Drossel (30) und des Blockkondensators (29) über ohmsche Widerstände (34, 35) jeweils an einen Verbindungspunkt zwischen einer der Pin-Dioden (25, 26) und zugehörndem LC-Schwingkreis (11, 14) geschaltet ist.
 10. Leitungsentzerrer nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils in Serie zu den Spulen (12, 15) der beiden LC-Schwingkreise (11, 14) ein Blockkondensator (17, 18) geschaltet ist.
 11. Leitungsentzerrer nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils eingangsseitig und ausgangssseitig in der Signalstrecke des Leitungsentzerrers ein weiterer Blockkondensator (19, 20) angeordnet ist.
 12. Leitungsentzerrer nach einem der vorangegangenen Ansprüche in Verbindung mit Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Klemmen für das Versorgungsspannungspotential (U1) und dem Potential (U2) einerseits und die Katoden- und Anodenanschlüsse der Kapazitätsdioden (28, 29) andererseits jeweils eine Drossel (31, 32, 33) in Serie geschaltet ist.
 13. Leitungsentzerrer nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die den Kapazitätsdioden (28, 29) abgewandten Anschlüsse der Drosseln (31, 32, 33) jeweils über weitere Blockkondensatoren (22, 23, 24) mit Bezugspotential (7) verbunden sind.
 14. Verfahren zum Einstellen eines Leitungsentzerrers nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Leitungsentzerrer (50) zunächst durch maximale Wahl des Kapazitätswertes der kapazitiven Einrichtung (8; 28, 29) auf minimale Dämpfung im Bereich der unteren Grenzfrequenz (f_U) eingestellt wird, daß am Ausgang des Leitungsentzerrers (50) die Amplituden des Ausgangssignales bei der oberen und unteren Grenzfrequenz (f_O , f_U) ermittelt werden, und daß der Leitungsentzerrer (50) anschließend so eingestellt wird, daß Signale mit im Bereich der unteren Grenzfrequenz (f_U) liegenden Signalfrequenzen auf den Amplitudenwert der von Signalen im Bereich der oberen Grenzfrequenz (f_O) gedämpft werden durch entsprechende Erniedrigung des Kapazitätswertes der kapazitiven Einrichtung (8; 28, 29).
 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Ausgangssignale des Leitungsentzerrers (50) über eine Richtkopplerein-

richtung (52) an eine Auswerteeinrichtung zum Nachregeln des Kapazitätswertes der kapazitiven Einrichtung (8; 28, 29) abgezweigt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausgangssignale des Leitungsentzerrers (50) der Richtkopplereinrichtung (52) verstärkt zugeführt werden. 5

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

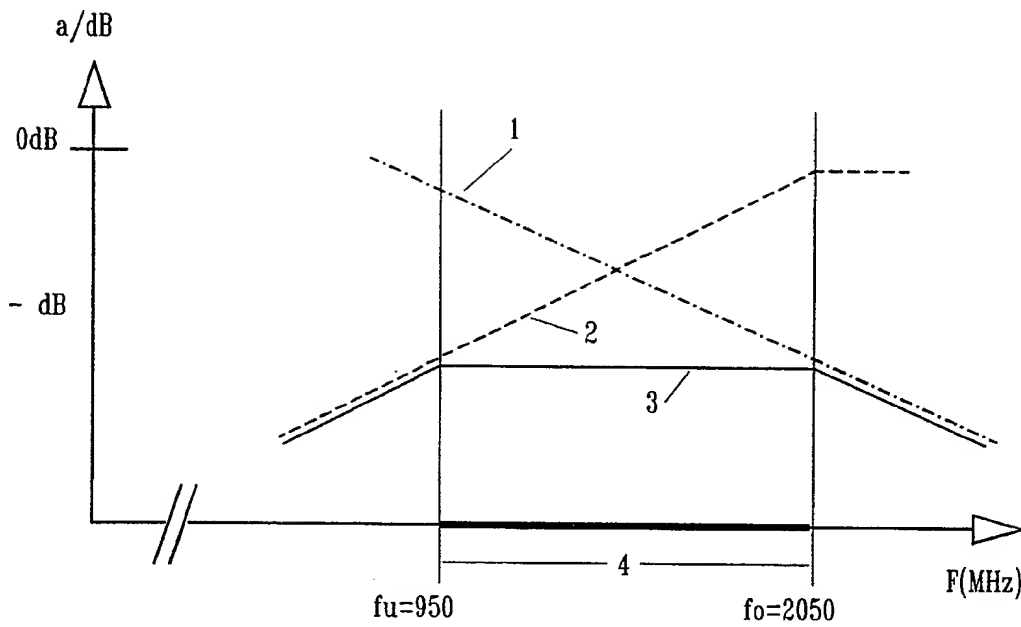


Fig. 1

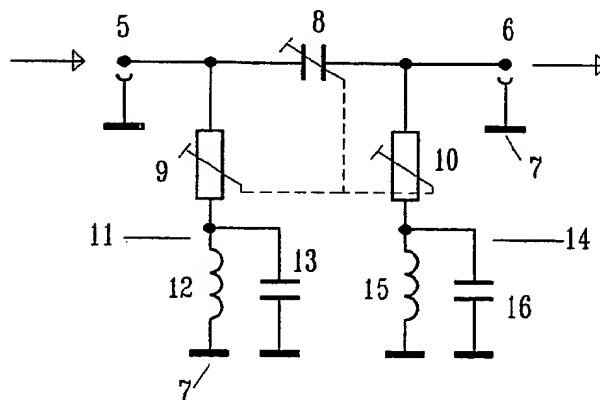
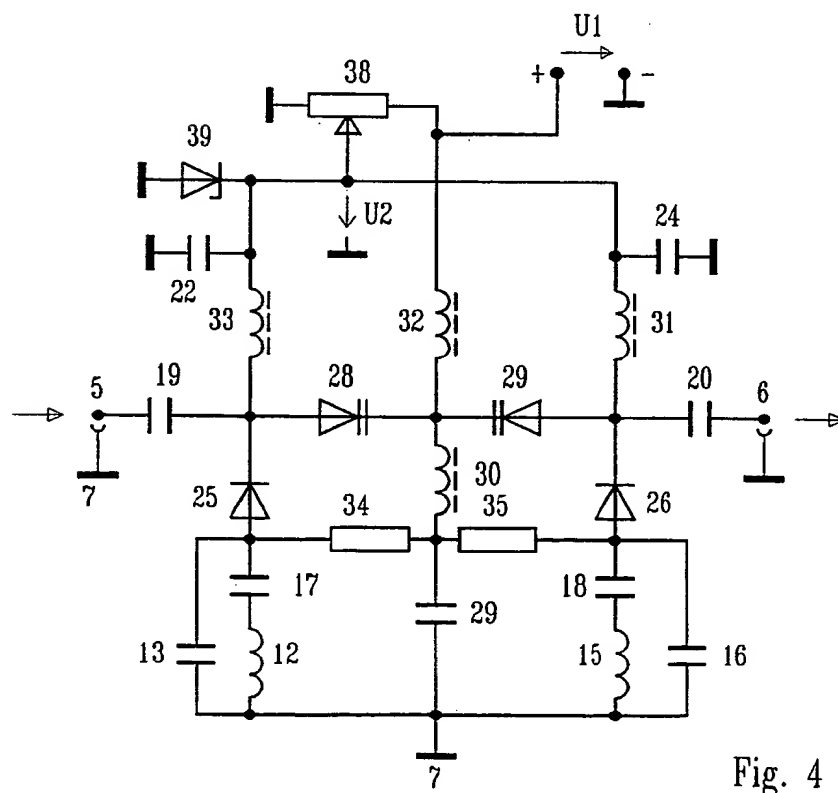
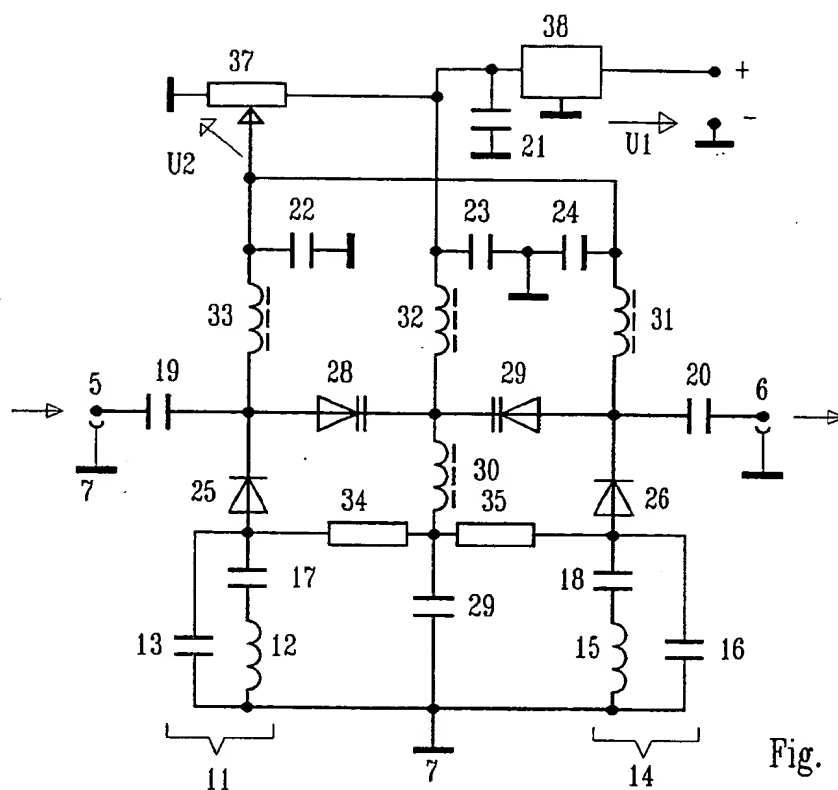


Fig. 2



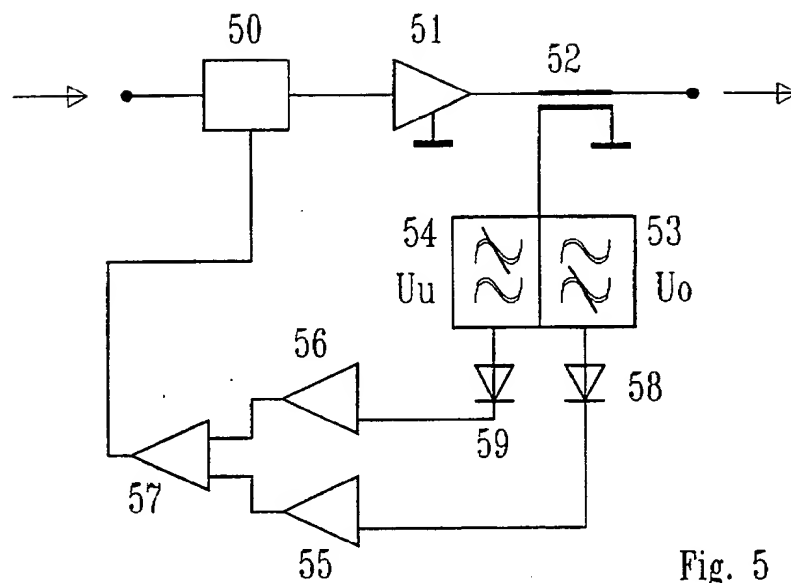


Fig. 5

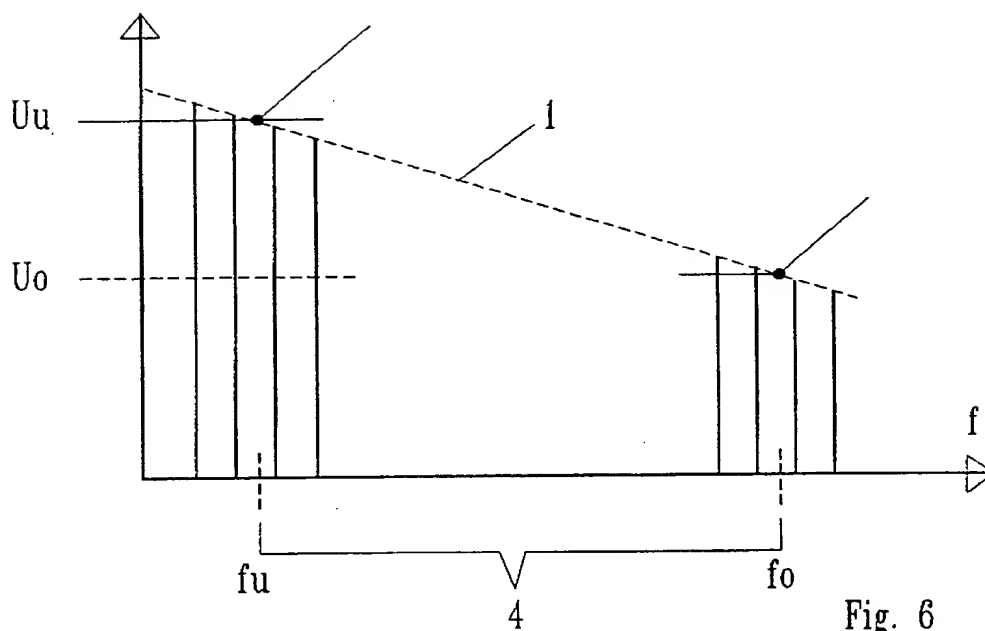


Fig. 6